

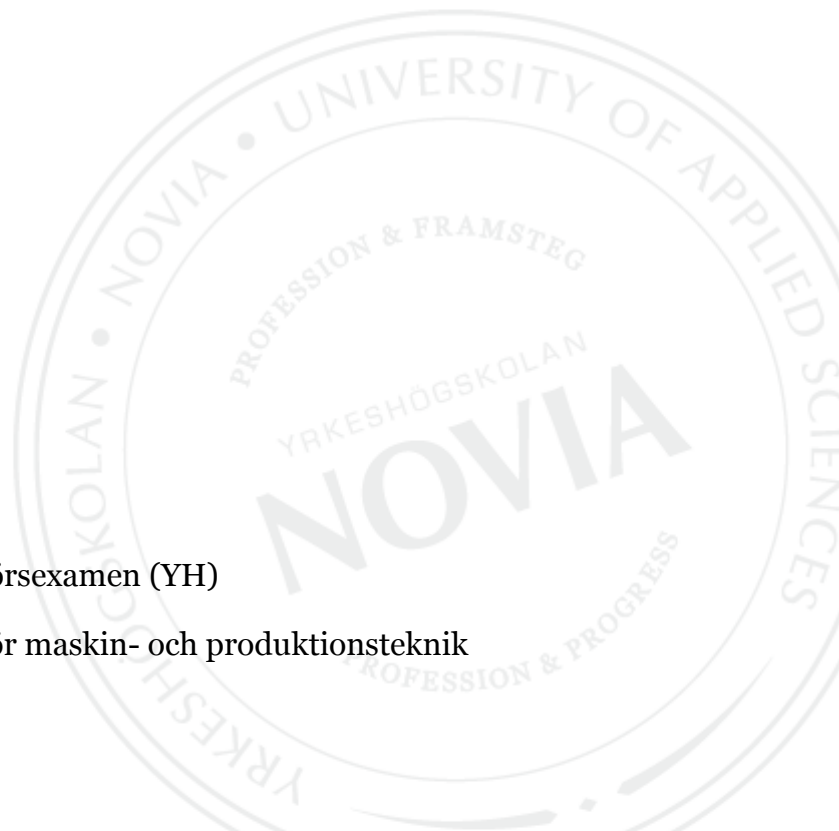
Konstruktion av kärlgrip

Anders Westberg

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2012



EXAMENSARBETE

Författare:	Anders Westberg
Utbildningsprogram och ort:	Maskin- och produktionsteknik Yrkeshögskolan Novia, Vasa
Inriktningsalternativ/Fördjupning:	Maskinkonstruktion
Handledare:	Mikael Ventin

Titel: *Konstruktion av sopkärlsgrip*

Datum: 22.04.2011

Sidantal: 33

Sammanfattning

Detta lärdomsprov har utförts på uppdrag av Oy NTM Ab vid deras avdelning för sopbilar. Uppgiften gick ut på att konstruera en sopkärlsgrip till en av företagets sopbilar. Detta bland annat genom att rita upp alla delar i Solidworks, där också nödvändiga simuleringar utförts. Målet var att konstruera en sopkärlsgrip åt NTM:s sopbilsmodell sidlastare OM, eftersom det finns efterfrågan på marknaden. Vikt har också lagts på att göra gripen mer flexibel än på marknaden befintliga modeller, med bibehållen tillverkningsbarhet och reducerad vikt. Resultatet uppfyllde alla de mål, krav och kriterier som hade blivit satta.

Språk: svenska

Nyckelord: sopkärlsgrip, sopbil, Solidworks

Förvaras: webbiblioteket Theseus.fi

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Anders Westberg
Koulutusohjelma ja paikkakunta:	Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Koneensuunnittelu
Ohjaaja:	Mikael Ventin

Nimike: *Jäteastiakouran suunnittelu*

22.04.2011

33 sivua

Tiivistelmä

Tämä opinnäyte työ on suoritettu Närpiön Puu & Metalli Oy:n toimeksiannosta yhtiön jätehuoltoauto-osastolla. Tehtävä käsitti jäteastiakouran suunnittelun ja rakentamisen yhteen yhtiön jätehuoltoautomalleihin. Kaikki käytetyt osat suunniteltiin Solidworksissä, missä myös osien simulaatio tehtiin. Tavoitteena oli suunnitella jäteastiakoura NTM:än jätehuoltoautomalliin Sivulastaaja OM, koska tällaiselle ratkaisulle on kysyntää markkinoilla. Olemme myös keskittyneet tekemään jäteastiakourasta niin monipuolisen kuin mahdollista kuitenkin ottaen huomioon tuotannon helppous ja laitteen paino. Lopputulos täytti kaikki ennalta asetetut tavoitteet.

Kieli: rutosi

Avainsanat: jäteastiakoura,
jätehuoltoauto, Solidworks

Arkistoidaan: nettikirjasto Theseus.fi

BACHELOR'S THESIS

Author: Anders Westberg
Degree Programme: Mechanical and production technology, Vasa
Specialization: Mechanical construction systems
Supervisor: Mikael Ventin

Title: *Planning of a handling device for refuse bins*

Date: 22.4.2012

Number of pages: 33

Summary

This Bachelor's thesis is made for Ab Närpes Trä & Metall, Refuse collecting vehicles. The main task was to develop and plan a handling device for one of their refuse collectors. This was done by modeling necessary parts in 3D using Solidworks. Simulations have also been done using Solidworks. The goal was to plan a refuse bin handling device for NTM's refuse collector Sideloader OM, because there is demand on the market. An effort has been made to design a device that is more flexible than other models on the market, with sustained manufacturability and reduced weight. The result fulfilled all the demands and goals that had been set up for the task.

Language: Swedish

Key words: refuse bin handling device,
refuse collector, Solidworks

Filed at: Theseus.fi electronic library

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte	2
1.3	Problemområdet	2
1.4	Avgränsning.....	3
1.5	Företagsbeskrivning.....	3
1.5.1	Historia	3
1.5.2	NTM idag	4
1.5.3	Konstruktionsavdelningen	5
1.6	Disposition	6
2	Problemformulering	7
2.1.1	Anpassning	7
2.1.2	Konstruktion	7
3	Teori	8
3.1	Tidigare forskning.....	8
3.2	Olika renhållningsfordon	9
3.2.1	Sidlastare	9
3.3	EN 840	10
3.4	Solidworks	10
3.4.1	Arbetsätt	11
3.5	DraftSight.....	11
3.6	Finita elementmetoden.....	12
3.6.1	FEM idag	12
3.7	SFS 2378.....	14
4	Metoder och tillvägagångssätt	14
4.1	Fallstudie.....	14

4.2	FEM i Solidworks	15
4.3	SFS 2378.....	17
5	Arbetsbeskrivning.....	19
5.1	Förberedelser	19
5.2	Krav	19
5.3	Planering och konstruktion	19
5.3.1	Utmattning	20
5.3.2	Spänningar	21
5.3.3	Spänningar i utsatt komponent	22
5.3.4	Beräkning av ekvivalentspänning.....	23
5.3.5	Avläsning av Wöhler-diagram.....	24
5.3.6	Optimering.....	24
5.4	Övrig konstruktion	25
5.4.1	Parallellstag med kuggdrift.....	25
5.4.2	Anpassning	28
6	Resultat och utvärdering.....	30
6.1	Funktion och anpassning	30
6.2	Konstruktion	30
6.3	Utvärdering	30
7	Diskussion	32
7.1	Förslag på förbättringar och fortsatt forskning	32
7.2	Avslutning.....	32
8	Källförteckning.....	33

Förteckning över figurer

Figur 1. Kärlyft på sidlastare	1
Figur 2. Meshad 3D-modell	13
Figur 3. Simuleringsresultat	13
Figur 4. Wöhler-diagram	17
Figur 5. Formel för ekvivalentspänning	18
Figur 6. Simulering av sopkärlsgrip	21
Figur 7. Simulerad komponent	22
Figur 8. Utmattningsfall	23
Figur 9. Sopkärlsgrip i transportläge	26
Figur 10. Sopkärlsgrip i utfällt läge	26
Figur 11. Kuggtransmission för parallellstag	27
Figur 12. Detaljstudie av kugghjul i testjigg	28
Figur 13. Kärllållare, Sidlastare OM	29
Figur 14. Skiss, kärlgrip och totalbredd	31
Figur 15. Mått i längsled	31

Förteckning över tabeller

Tabell 1. Simulering av underarm, 5 mm	23
Tabell 2. Lastfall för underarm, 5 mm	24
Tabell 3. Simulering av underarm, 6 mm	24
Tabell 4. Lastfall för underarm, 6 mm	25

FÖRORD

Jag vill tacka Anders Mickels som har fungerat som min handledare, samt Miika Lärka som tagit sig tid att hjälpa med konstruktionstekniska saker. Sedan vill jag också tacka övrig personal på Närpes trä & metall som stått tillhanda med konstruktiv kritik och förslag. Till sist vill jag också tacka Mikael Ventin som varit min handledare från skolans sida.

Anders Westberg

1 INLEDNING

I det inledande kapitlet beskrivs bakgrunden till detta examensarbete, därefter vilket syftet med arbetet är. Därtill presenteras företaget kort. Till sist i kapitlet redovisas arbetets disposition.

1.1 Bakgrund

Hantering av sopkärl med kamlyftanordning fungerar bra på sopkärl av standardmodell, och är därför den mest använda lyftanordningen. Detta kan givetvis medföra problem om man samlar sopor där alla kärl inte tillhör standard. Behovet av en mer universal lyftanordning är därför ansevärt på vissa marknader. Närpes trä & metall har levererat ett antal sidlastare med sopkärlsgrip förut, men denna grip är tillverkad och köpt som helhet av ett annat företag. Behovet av att kunna tillverka och saluföra en sopkärlsgrip under Närpes trä & metalls märke gav upphov till detta examensarbete.



Figur 1. Kärllift på sidlastare

1.2 Syfte

Mitt huvudsyfte är att klargöra vilka faktorer som bör beaktas vid konstruktion av en mekanisk gripanordning. Detta ingenjörsarbete heter ”Konstruktion av sopkärlsgrip” och innefattar konstruktion och planering av en gripanordning för sopkärl för sopbil modell NTM sidlastare.

Mitt första delsyfte är att planera och konstruera en kärlgrip under Närpes trä & metalls märke som kan hantera alla sorters sopkärl, runda eller fyrkantiga, i storlekar upp till 360 liter. Sopkärls storlekar anges enligt standard i liter. Sopkärl utanför standard benämns i detta arbete enligt samma princip.

Mitt andra delsyfte är att ombesörja nödvändig simulering och beräkning för hållfasthet och utmattning, samt lagerberäkningar. Som ritprogram i detta arbete har Solidworks 2011 använts. För simulering har Solidworks finita element tilläggsprogram använts. Målet med arbetet var att få en kärlgrip färdig för tillverkning och försäljning under Närpes trä & metalls logi.

1.3 Problemområdet

Problemet med att konstruera en kärlgripanordning av detta slag är att säkerställa dess funktion, dess kompatibilitet med från förr befintliga anordningar, samt att försäkra sig om att konstruktionen inte kommer att falla på grund av hållfasthetstekniska skäl. Funktionen är viktig för att kunna garantera att entreprenören kan hantera alla typer av sopkärl som finns i deras uppsamlingsområde.

Kompatibiliteten med kringliggande utrustning är viktig, främst på grund av krav från eftermarknaden. En kärllyft är en utsatt mekanism som måste ha utbytbara delar, och därför krävs komponenter som passar ihop sinsemellan för att undvika komplikationer vid utbyte av dessa.

Arbetsmaskiner ställer stora krav på konstruktion och dess hållbarhet. Sällan är skador som uppstår på arbetsmaskiner av den typ som uppstår av direkt statiska belastningar, utan av utmattningstyp. Därför är det viktigt att förutspå och förebygga utmattningsbrott i utsatta områden.

1.4 Avgränsning

Konstruktion av sopkärlsgrip har avgränsats till planering och konstruktion av en gripanordning för sopkärl. Gripanordningen ska anpassas till den på sidlastare befintliga kärlyften. Gripanordningen konstrueras så att eftersökt arbetsfunktion uppnås. Konstruktionen dimensioneras enligt de metoder som funnits att tillgå, för att uppfylla de krav som finns på sopbilar.

Design och estetik har inte haft en betydande roll i detta arbete, utan designen är av funktionell natur. Designen har fått ge vika för mekanisk funktion och hållbarhet.

1.5 Företagsbeskrivning

Oy Närpes trä & metall Ab¹ (NTM) grundades i Närpes år 1950 och är idag en medelstor karosserifabrik. NTM har på 60 år utvecklats från en anspråkslös smedja till en av de största aktörerna i Norden inom transportutrustning för tunga transporter.

1.5.1 Historia

NTM:s grundare Lennart Nordin, började i mitten av 1940-talet med en verkstad på hemgården. Efterkrigstiden medgav efterfrågan på allehanda arbeten, såsom tillverkning av kärrhjul med smidda stålband, snickeriarbeten, smiden, rörarbete och byggnadsarbeten. Vartefter arbetsmängden ökade, och Nordin blev en erkänt skicklig och betrodd yrkesman, planerades en utbyggnad av verkstaden.

Dessa planer ändrades dock när Lennart Nordin beslöt sig att starta ett gemensamt företag med några kompanjoner. Detta företag, som grundades 1950, blev grunden till NTM. I företagets tidiga år utgjordes produktsortimentet till stor del av träprodukter, såsom fönster, dörrar, köksinredningar, trädgårdsmöbler och drivhusbågar. Metallarbeten utfördes också, främst tillverkning av jordbrukstillbehör och reparationer av maskiner och bilar. Under 1950-talet började man också tillverka karosser till lastbilar och bussar. Dessa karosserier tillverkades av både trä och metall, så båda yrkesinriktningarna begagnades.

¹ Företaget benämns i fortsättningen med den officiella förkortningen NTM

Kurt-Erik Nordin tog över posten som verkställande direktör efter sin far 1989. Han inledde sin karriär på fabriken i unga år, och har tack vare sitt stora intresse och sin tekniska utbildning bidragit med många tekniska innovationer. Han verkade som vice VD och konstruktionschef innan han blev VD.

NTM har i huvudsak koncentrerat sig på tillverkning av släpvagnar genom åren, men har de senaste 20 åren börjat lägga större tyngd på sopbilstillverkning. Detta ledde till att företaget delades upp i två divisioner för ca 13 år sedan, divisionen för sopbilar och divisionen för släpvnsttillverkning.

Ihärdig utveckling har genom åren fört sopbilarna från att vara en biprodukt till att vara erkänt högkvalitativa och pålitliga. NTM:s sopbilar är idag ett väletablerat varumärke på den nordiska marknaden och står för mer än hälften av företagets omsättning.

(NTM – de första 50 åren, 2000)

1.5.2 NTM idag

NTM har idag ca 400 anställda och årsomsättningen 2011 uppgick till ca 45 miljoner euro. NTM-koncernen har idag dotterbolag i Sverige, Estland, Storbritannien, Polen och Tyskland.

Företagets framgång bygger på tre starka egenskaper; kundorientering, know-how och kvalitet.

NTM uppfyller kraven enligt ISO 9001 och ISO 14001 standard.

(NTM – Om företaget, 2012)

1.5.3 Konstruktionsavdelningen

Konstruktionsavdelningen på divisionen för renhållningsfordon på NTM är uppdelad i två grupper. Gruppen för standardfordon och gruppen för specialfordon. Detta examensarbete är gjort inom gruppen för specialfordon, eftersom sidlastare hör till specialfordon.

När en ny produkt skall utvecklas inom konstruktionsavdelningen börjar det oftast med en önskan från försäljningsavdelningen. Försäljare har varit i kontakt med kunden, som i sin tur har en önskan om en produkt han skulle vilja ha. När man har någorlunda klart vilket produkt man vill ha, börjar konstruktörer på avdelningen i allmänhet arbeta på ett koncept, eller första utkast. När konceptet är klart brukar diskussionerna gå heta mellan produktansvariga, försäljare och konstruktörer. Efter att alla fått lägga fram sina åsikter och synpunkter kan man fortsätta att planera produkten färdigt för tillverkning. Slutresultatet blir oftast bra genom att på detta vis utveckla en produkt genom diskussion och utbyte av erfarenheter.

1.6 Disposition

Här följer en kort beskrivning av varje kapitel för att ge läsaren en inblick i vad som behandlas i detta arbete.

I det kapitlet Inledning presenteras arbetets bakgrund, samt dess syfte. Därefter redogörs för arbetets avgränsning, följt av en kort företagspresentation.

I kapitlet Problemformulering redogörs för vilka problem som varit styrande i detta examensarbete.

I kapitlet Teori behandlas de teoretiska utgångspunkterna. Därunder redovisas tidigare forskning inom området, samt teori om vilka metoder som använts.

I kapitlet Metoder förklaras vilka metoder som använts och hur de har använts.

I kapitlet Resultat presenteras det slutliga resultatet.

I kapitlet Diskussion presenteras vad som blivit gjort, samt hur det stämmer överens med arbetets syfte. Därtill diskuteras resultatet, vad som blev bra och vad som kunde förbättras. Avslutningsvis redogörs vad som har varit lärorikt.

I kapitlet Referenser redogörs för vilka referenser som använts i detta examensarbete, samt vilken litteratur och vilka internetkällor som studerats.

2 Problemformulering

Jag presenterar här de problemområden som jag anser varit väsentliga i detta ingenjörsarbete.

2.1.1 Anpassning

Problem som uppstår vid konstruktion av gripanordning för sopkärl är att utveckla en modell, som är fullständigt anpassningsbar till en redan befintlig sopbil med kärlllyft. Detta medför givetvis till stor del riktlinjer om vad som är möjligt och inom vilka riktlinjer arbetet skulle hållas. Sällan får en konstruktör arbeta utan avgränsning och konstruera fritt, så detta arbete ger goda insikter i saklig produktutveckling.

2.1.2 Konstruktion

Andra problem är att planera gripanordningen så att den klarar av att hantera alla sopkärl inom en viss standard, för att möta marknadens kriterier. En kärlllyft på en sopbil är en utsatt del av maskineriet, och kommer således att utsättas för stora belastningar, både statiska och dynamiska. Största vikt har således lagts på att dimensionera denna mot materialens utmattning. För dimensionering mot statiska belastningar har i huvudsak finita element metoden använts. Denna beräkningsmetod har använts genom Solidworks 3D-modelleringsprogram. Sådana beräkningar kan också göras traditionellt med penna och papper, men för att förbättra mina kunskaper inom datasimulering har Solidworks använts så mycket som möjligt. Lagrade leder har dimensionerats enligt tillverkarens standarder beträffande dynamisk belastning.

I bagaget från den långt hunna ingenjörsutbildningen vid Yrkeshögskolan Novia hade jag med mig grundkunskaper inom traditionell hållfasthets- och utmattningsberäkning, simulering enligt finita elementmetoden samt grunderna inom lagerberäkning. Detta arbete visade sig dock kräva stort personligt engagemang för att bredda mina kunskaper inom dessa områden, speciellt gällande FEM².

² Finita elementmetoden

3 Teori

I detta kapitel presenteras de teoretiska utgångspunkterna för detta arbete.

De teoretiska utgångspunkterna för att genomföra detta examensarbete har varit att följa standarden som finns för sopkärl och lyftanordningar för sopkärl, EN 840. Huvuddimensionerna för kärlgripen har hållits inom de ramar som medger registreringsbesiktning av rennhållningsbilar. Beträffande registreringsbesiktning av fordon finns riktlinjer att följa i standard TSFS 2010:87.

Utvecklingsdelen för detta examensarbete har följt arbetsmetoden fallstudie. Ritningsdelen har utförts med Solidworks 3D-modelleringsprogram och till viss del DraftSight. Beräkningsdelen har följt principerna för finita elementmetoden, samt standarden för dimensionering och hållfasthetsberäkning av svetsförband i utmattningsbelastade konstruktioner, SFS 2378.

3.1 Tidigare forskning

Tidigare forskning inom området för rennhållningsbilar, med avseende på sopbilar, verkar vara tämligen svår att finna. Detta kan eventuellt bero på att forskning inom just hantering av sopkärl och soptransportering är av sådan art, att den görs av företag som tillverkar just rennhållningsfordon, och hålls därmed hemlig inom företaget i fråga. Avhandlingar eller liknande litteratur från skolor och statliga instanser har också varit svåra att finna.

Denna typ av konstruktionsarbete medger inte lätt någon implementering av tidigare forskning. Istället har olika metoder och tillvägagångssätt undersökts och använts genom arbets gång. Metoder som används för att framställa en produkt som denna är givetvis väldigt påtagliga, och därmed har den teoretiska delen fokuserats på att behandla principen bakom metoderna som använts.

3.2 Olika renhållningsfordon

NTM har redan i många år tillverkat sopbilar av olika slag. Den äldsta och mest vanliga varianten kallas baklastare. Baklastare är den traditionella sopbilen där sopkärl töms i bakre änden av ekipaget. Baklastare har kärlllyften och sopkomprimatorn längst bak på lastbilen. Kärlllyften och komprimatorn, som gemensamt kallas bakficka, sitter monterat på skåpet. Skåpet är den behållare dit soporna pressas av komprimatorn. Inuti skåpet finns en uttryckarplatta som medger tömning av skåpet. Tömning sker efter att bakfickan tippats upp, så att soporna kan tryckas ut bakåt. Baklastare tillverkas i många olika utföranden och storlekar.

Under kategorin specialfordon inom NTM, finns frontlastare, sidlastare och Quatro flerfackslastare. Frontlastare hanterar större sopcontainers med sitt frontmonterade lyftgaffel-system. Container lyfts över lastbilens hytt och töms i komprimatorn uppfifrån. Komprimatorn sitter bakom lastbilens hytt. Komprimatorn är av pendeltyp och trycker in soporn i skåpet. När skåpet ska tömmas öppnas bakluckan och skåpet töms genom kippning.

Quatro flerfackslastare har sin kärlllyft monterad bakpå lastbilen. Quatro är en populär modell i Sverige, där man på vissa områden använder sig av sopkärl med fyra fack. Detta medger att hushåll kan enkelt sortera sitt avfall i fyra olika kategorier. När Quatro-sopbilen tömmer dessa kärl, ser kärlllyften till att varje fack i sopkärlet töms i motsvarande fack i sopbilens skåp. Quatro har fyra komprimatorer av pendeltyp, samt ett fyrdelat skåp.

3.2.1 Sidlastare

NTM:s sidlastare OM är en som namnet antyder en sopbil med sidmonterat kärlllyftsaggregat. Detta gör att sopkärl kan plockas upp vid vägkanten, utan att man behöver ändra körriktning, och ställas tillbaka på samma plats. Kärlllyften sitter monterad på en arm som tillåter förlängd räckvidd, samt sidoförskjutning till viss mån. På kärlllyften finns en kam samt klämplåt med vilka sopkärlen greppas. Kammen tar tag under den kant som finns på sopkärlen, och klämplåten klämmer fast så att kärlet inte lossnar under tömningen. Kärlllyften lyfter sopkärlet och tömmer det i komprimatorn, och ställer sedan tillbaka kärlet. Sedan kan bilen fortsätta till nästa plats, eftersom komprimatorn arbetar under automatiskt för-

lopp. Komprimatorn, som är av modell pendelkomprimator, trycker in soporna i skåpet. Sidlastare med två fack för olika avfall kallas sidlastare OM-2K. Vanliga enfackslastare kallas sidlastare OM-SB.

3.3 EN 840

EN 840 är den mest använda standarden för mobila avfallsbehållare i Europa. Standarden EN 840 täcker direktiven för tillverkning av två- och fyrhjuliga sopkärl i storlekar från 120 liter upp till 1100 liter. Därtill finns direktiven för hanteringsanordningar för dessa sopkärl.

(EN 840 – Mobila avfallsbehållare, Del 1–4, 2008)

3.4 Solidworks

Solidworks är ett CAD-program³ utvecklat av franska Dassault Systèmes. Solidworks är huvudsakligen ämnat för mekanikkonstruktion i två eller tre dimensioner, och används av över 1,3 miljoner ingenjörer i 130 000 företag över hela världen.

Solidworks är ett Parasolid-baserat modelleringsverktyg. Solidworks använder parametriska funktioner för att bygga upp modeller och sammanställningar. Användargränssnittet för Solidworks är i stort sett det samma som för de vanligaste 3D-ritprogrammen.

(Solidworks, 2012)

³ CAD = computer aided design

3.4.1 Arbetssätt

För att skapa en modell skapar man tvådimensionella sketcher på ett plan, eller flera, för att sedan använda denna sketch i funktioner som skapar tredimensionella modeller. Dessa modeller kallas Parts.

För att sammanställa flera Parts till en sammanställning skapar man en Assembly. Under Assembly sammanbinder man flera Parts genom att använda olika villkor och begränsningar, eller Mates.

För att skapa tvådimensionella ritningar av Parts och Assemblies använder man sig av ritningsverktyg, Drawings. Detta verktyg medger skapandet av traditionella ritningar enligt de vanligaste standarderna för ritteknik.

Förutom de vanligaste ovannämnda arbetssättet finns också många verktyg för designvalidering i Solidworks. Det mest använda är troligtvis Solidworks Simulation Premium, som ger användare möjlighet att validera modeller och sammanställningar och på ett enkelt sätt integrerad finita element analyser i användargränssnittet.

3.5 DraftSight

DraftSight är likasom Solidworks utvecklat av Dassault Systèmes, och är deras motsvarighet för AutoCad. DraftSight är ett för användare gratis 2D CAD-program, och ger användaren möjlighet skapa, läsa och editera DWG- och DXF-filer. DraftSight är ett förnuftigt alternativ till AutoCad, främst för att det är ett gratisprogram, men också för att det har alla funktioner som de lättare AutoCad-versionerna har.

(DraftSight, 2012)

3.6 Finita elementmetoden

Finita elementmetoden är en numerisk teknik för att finna approximella lösningar för partiella differentialekvationer och integralfunktioner. Finita elementmetoden, eller FEM, upptäcktes redan på 1940-talet när man sökte ett sätt att kunna lösa komplexa elasticitetsberäkningar och strukturella analyser inom bygg- och flygindustrin. FEM började dock inte användas kommersiellt förrän ca 1965, mycket då tack vare den ökade möjligheten att använda datorer för att utföra de invecklade beräkningarna.

(FEM i praktiken, 1999, s. 12)

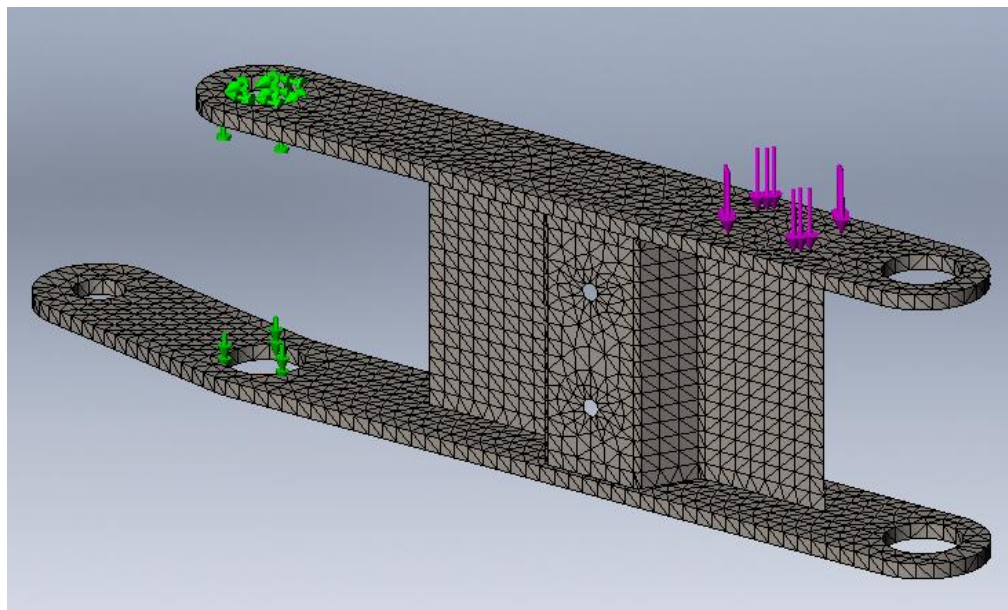
3.6.1 FEM idag

Idag är FEM ett smidigt verktyg som finns integrerat i de flesta 3D-modelleringsprogram ämnade för mekanikkonstruktion. FEM medger simpla överslagsberäkningar i det inledande skedet av konstruktionsarbete, såsom avancerade analyser av komplicerade modeller. En viktig orsak till användning av FEM i det tidiga konstruktionsstadiet är för att få en ökad förståelse för hur konstruktionen man arbetar med kommer att fungera.

(FEM i praktiken 1999, s. 18)

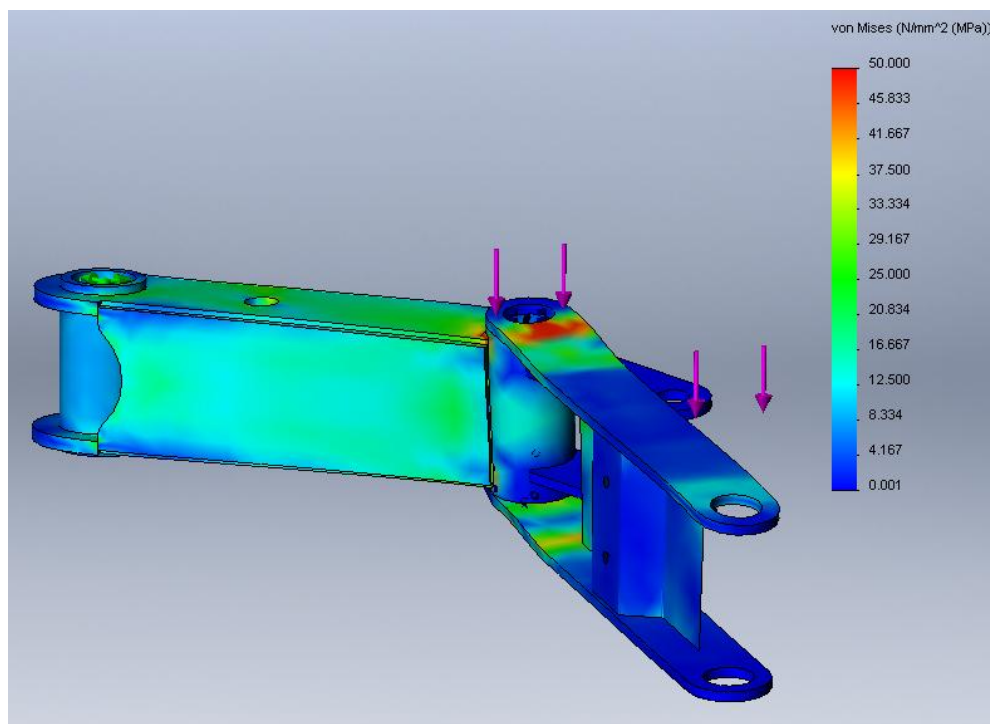
Vid användning av 3D-modelleringsprogram modellerar man som bekant upp solider. När man vill beräkna solider med FEM skapar FEM-programmet tredimensionella solidelement. Solidelementen består geometriska figurer uppbyggda av noder. Detta arbetsförlopp kallas meshing.

(FEM i praktiken, 1999, s. 71)



Figur 2. Meshad 3D-modell

Efter meshing kan beräkningsmodulen beräkna hur applicerade krafter skapar spänningar genom noderna. Programmet presenterar hur spänningar fördelas i den simulerade delen. Genom att jämföra de olika färgområdena mot färgskalan som finns tillhanda, kan man utläsa hur stora spänningar man har i ett visst område.



Figur 3. Simuleringsresultat

I figur 3 syns en simulerad del. Man kan avläsa att spänningarna i materialet uppgår till 50 N/mm² i det utsatta området vid hålet i ledmekanismen.

3.7 SFS 2378

Standarden ”Dimensionering och hållfasthetsberäkning av svetsförband i utmattningsbelastade stålkonstruktion, SFS 2378” är ämnad för planering av utsatta stålkonstruktioner gjorda av konstruktionsstål. Standarden är uttryckligen inte ämnad för andra stål, såsom rostfritt. I detta arbete används således endast konstruktionsstål.

I standarden finns angivet ett antal tänkbara svetsförband, kallade utmattningsfall, med tillhörande beskrivning, utmattningsklass, beräkningskoefficient samt beräkningsvärde för utmattningsgräns. Vid val av utmattningsfall väljer man helt enkelt enligt bild vilket fall som stämmer överens med den konstruktion man vill beräkna.

4 Metoder och tillvägagångssätt

I detta kapitel presenteras vilka metoder och tillvägagångssätt som har använts för att genomföra detta examensarbete.

4.1 Fallstudie

Fallstudie kallas den arbetsmetod som är enklast att tillämpa vid produktutveckling och konstruktion av nya saker. En fallstudie innebär att man fördjupar sig inom ett visst område och att man över tid kontrar de problem som uppstår längs vägen när man strävar efter en lösning. Inom produktutveckling är det vanligt att man låter en enskild person, eller en liten arbetsgrupp, bekanta sig med ett problem och börja bearbeta detta. Hur man väljer att lösa problemet kan givetvis göras på många sätt, men vanligt är att man rådfrågar personer med större erfarenhet inom området, eller att man sätter sig ned med en eller flera arbetskamrater och diskuterar problemet och vad man vill försöka uppnå.

En beskrivning på hur en fallstudie (eng. Case study) ska göras:

A case study is a puzzle that has to be solved. The first thing to remember about writing a case study is that the case should have a problem for the readers to solve. The case should have enough information in it that readers can understand what the problem is and, after thinking about it and analyzing the information, the readers should be able to come up with a proposed solution. Writing an interesting case study is a bit like writing a detective story. You want to keep your readers very interested in the situation.

(How to write a good case study, 2012)

4.2 FEM i Solidworks

Tilläggsmodulen för simulering i Solidworks baserar sig på FEM och innehåller verktyg för simulering av:

- Statiska fall, hållfasthetsberäkningar med statisk belastning.
- Utmattning. Simulering av utmattningsskador och livslängd på konstruktioner.
- Temperaturstudie. Simulering av hur temperaturförändringar påverkar modellen.
- Falltest, (eng. drop test) Simulerar hur ett objekt deformeras av ett fall, d.v.s. vid tillförd energi.
- Knäckning. Simulerar om ett objekt har benägenhet att knäckas.
- Tryckkärlsdesign. Medger design och simulering av tryckkärl.

I detta examensarbete har jag i huvudsak använt mig utav "Static study", simulering för statisk belastning, för att dimensionera komponenter, samt för att smidigt kunna lokalisera spänningskoncentrationer. Jag har undvikit att använda Solidworks' simuleringsdel för utmattning, eftersom beräkning med FEM i Solidworks inte godtar utmattningsberäkning av svetsade komponenter.

När en komponent i stål tillverkas genom svetsning tillförs materialet inre spänningar. Dessa spänningar har inte beaktats i FEM-analyserna tillhörande detta arbete. De spänningsvärden som erhållits ur FE-analyserna har betraktats som nominella spänningar, och har använts i de traditionella utmattningsberäkningarna.

(Svetsutvärdering med FEM, s. 19)

Utmattningsberäkning på svetsade konstruktioner genom FE-analys är fullt genomförbart, men kräver annan programvara än den som fanns tillhanda under detta examensarbete.

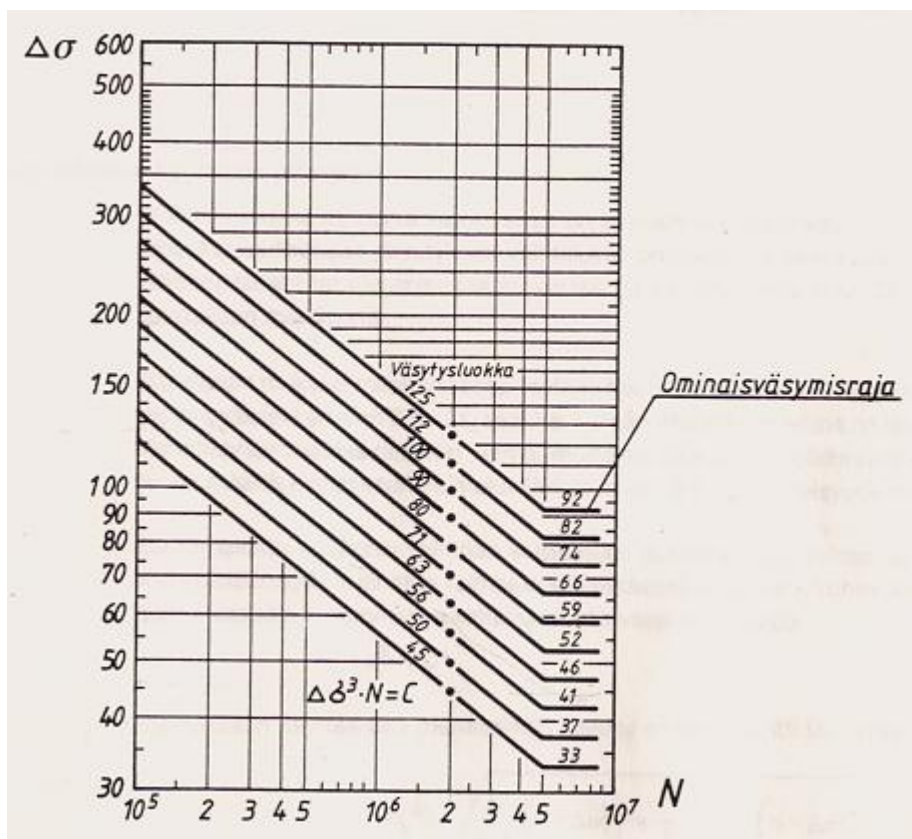
Genom att använda statiska belastningsfall i Solidworks Simulation hittades var spänningskoncentrationer skulle uppstå. Spänningskoncentrationerna studerades för att avgöra vilka som kom att påverka svetsade områden mest. Spänningarnas storlek uppskattades genom att avläsa färgskalan som ges i FEM-resultatfilen. Färgskalan kan justeras så att man ser hur stort område på detaljen som utsätts för en viss spänning. Poängteras bör också att färgskalan ska justeras så att man ser spänningar på ett mera utbrett område, så att man inte avläser högsta spänningsvärde i form av enstaka nodspänningar.

Normalt när man använder finita elementmetoden framträder höga spänningskoncentrationer i enstaka nodelement när en konstruktion analyseras. I fråga om utmattningsberäkningar kan man givetsvis påpeka att dessa små spänningskoncentrationer vore viktiga att beakta, med tanke på att sprickor framträder vid sådana områden. I detta arbete har dock, som tidigare nämnts, spänningsresultaten använts för att bestämma den nominella spänningen i utsatta områden. De utsatta områdena har sedan klassificerats enl. Utmattningsfallen, som finns angivna i standard SFS 2378: tabell 2. Således kan utmattningsberäkningen utföras med avseende på nominell spänning i stället för en försumbart liten spänningskoncentration.

(Svetsutvärdering med FEM, s. 18)

4.3 SFS 2378

Utmattningsklassen för utmattningsfallet ska införas i ett Wöhler-diagram som finns i standarden. Genom att känna utmattningsklassen samt spänningsvidd får man ut livslängd i form av antalet belastningscykler. Spänningsvidden som förs in i Wöhler-diagram antas vara av typen konstant spänningsvidd.



Figur 4. Wöhler-diagram

På Wöhler-diagrammets y-axel finns värden för $\Delta\sigma$, spänningsvidd. På x-axeln finns livslängd i antalet cykler, N . I diagrammet finns kurvor för varje spänningsklass, väsytyluokka, som standarden behandlar. Genom att följa y-värdet för spänningsvidd tills man träffar kurvan för utmattningsklass, kan man avläsa livslängden på x-axelns skala. Kurvorna för utmattningsfallen planar ut vid $N = 1\,500\,000$ cykler, vilket innebär oändlig livslängd. Ovanför den utplanade kurvan kan man avläsa vid vilken spänningsvidd konstruktionen antas få oändlig livslängd. För utmattningsfall, väsytyluokka, 112 kan man avläsa att en spänningsvidd om maximalt $82\,N/mm^2$ ger oändlig livslängd.

För att kunna beräkna en konstruktion som utsätts för olika belastningar och således olika spänningar, måste man konvertera dessa olika spänningsfall till en ekvivalent spänningsvidd. Detta görs med formel:

$$\Delta\sigma_{\text{ekv}} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^j (n_i \cdot \Delta\sigma_i^3) + \frac{1}{\Delta f_d^2} \cdot \sum_{j+1}^k (n_i \cdot \Delta\sigma_i^5)}{5 \cdot 10^6}}$$

Figur 5. Formel för ekvivalentspänning

n = antalet cykler, lastväxlingar

$\Delta\sigma$ = spänningsvidd [N/mm^2]

Δf_d = Utmattningsgränsens beräkningsvärde [N/mm^2]

Man beaktar antalet gånger, n , spänningsvidden upprepas, $\Delta\sigma$. Detta kallas spänningsfall. Värdet för Δf_d fås ur tabellen för utmattningsfall. Genom att summera de olika spänningsfallen och sedan föra in dessa i formeln får man ut den s.k. ekvivalenta spänningsvidden, $\Delta\sigma_{\text{ekv}}$. Den ekvivalenta spänningsvidden kan sedan användas i Wöhler-diagrammet.

(Finlands standardiseringsförbund 1985, s. 14–15)

5 Arbetsbeskrivning

5.1 Förberedelser

Förberedelserna som gjordes innan arbetet inleddes var att bekanta sig med redan befintliga kärlgripar. På marknaden finns ett antal kärlgripar i olika utföranden. Speciellt på den amerikanska marknaden är kärlgripar vanliga, dock inga som klarar NTM:s kriterier. Allmänt på den amerikanska marknaden är att kärlllyften fungerar endast med kärlgrip, utan kam. Allmänt är också att kärlgripen tar stort utrymme i transportläge, vilket inte duger på NTM:s sopbilar. Vanligtvis tillåter man att kärlgripen tar upp stort utrymme i fordonets längsriktning i transportläge. Detta är dock inte fördelaktigt på NTM:s sidlastare, eftersom hela kärlllyften tillåts ett begränsat utrymme. Kringliggande objekt vid kärlllyften är vanligtvis ljuddämpare, hjulhus och skyddare, bränsletank eller gastankar på gasfordon. Alla dessa svåra att omplacera. Mått inom vilka kärlllyften och kärlgripen skulle hållas drogs upp innan arbetet inleddes, likaså vilken räckvidd och omfång kärlgripen skulle ha.

5.2 Krav

Kraven som har varit styrande i detta arbete är som följer i detta stycke. Kärlgripen skulle göras delvis överlägsen den för NTM redan bekanta kärlgripen. Det gjordes upp att den nya kärlgripen skulle vara lättare än den eftermarknadsmonterade modellen. Utöver den reducerade vikten klargjordes också att räckvidden skulle förbättras nog för att greppa ett 360 liters standardkär, samt att bredden i transportläge skulle minskas. Största tillåtna mått på kärlgripen i längsled bestämdes vara 1000 mm. Kärlgripen måste också vara så liten att den ryms mellan lastbilens ram och totalbredd. Tillverkningsvänlighet hölls också som en styrande faktor genom konstruktionsarbetet.

5.3 Planering och konstruktion

Vid planering och konstruktion av anordningar på arbetsmaskiner såsom sopbilar, är ett återkommande problem materialens utmattningstålighet. Vid NTM har man normalt inte beräknat utmattning i svetsade konstruktioner, utan hållit sig till traditionell hållfasthetsberäkning och simulering enligt statiska fall. Noggranna analyser och beräkningar har därför utförts genom planeringsarbetet för att motverka utmattning. Resultaten från analyserna

har tillämpats för att optimera materialval och dimensionering. Vid konstruktion av en kärlgrip har man givetvis många lagrade leder, vilka utsätts för slitage. De lagrade lederna som finns på kärlgripen har beräknats i enighet med lagertillverkarens standarder för att motstå statiska och dynamiska belastningar.

5.3.1 Utmattning

Utmattningsberäkningar har gjorts med den tidigare nämnda standarden ”Dimensionering och hållfasthetsberäkning av svetsförband i utmattningsbelastade stålkonstruktion, SFS 2378”.

5.3.1.1 Utmattningsfall

För att beräkna utmattning krävs att man gör upp ett utmattningsfall. Det innebär att man gör en tabell över vilka spänningar som kommer att uppstå i området man vill beräkna. Nedan följer en beskrivning av hur belastningsfallet har gjorts för sopkärlsgripen.

Lyftaggregatet på en sopbil kan hantera upp till 1000 sopkärl per arbetsskift. När ett sopkärl lyfts, belastas först kärlllyften i en riktning. När sopkärlet närmar sig tömning, svänger det över och kärlllyften belastas i motsatt riktning. Belastningstypen antas således att vara full reverserad belastning, d.v.s. en lastcykel går växelvis från maximal positiv last till maximal negativ last.

Genomsnittliga tyngden på ett sopkärl antas vara 110 kg, eftersom detta är den högsta tillåtna vikten på det mest använda standardsopkärlet, MGB 240. Vid simulering av lastcykler har alltså reverserande last om 110 kg (1080 N) använts.

Det nästvanligaste sopkärlet är MGB 360, med en tillåten totalvikt på 160 kg. På grund av kärlets stora volym, 360 liter, är det dock vanligt att dessa kärl väger betydligt mer. Därför har MGB 360 räknats med att väga 200 kg (1962 N).

Den tredje och sista nämnaren i utmattningsfallet antas vara sopkärl med en tyngd om 400 kg (3924 N), eftersom 400 kg är den högsta tillåtna lyftvikten på NTM:s sidlastare.

De tre ovannämnda lastfallen har genom diskussion och uppskattning med konstruktörerna på NTM fördelats enligt hur ofta de antas förekomma.

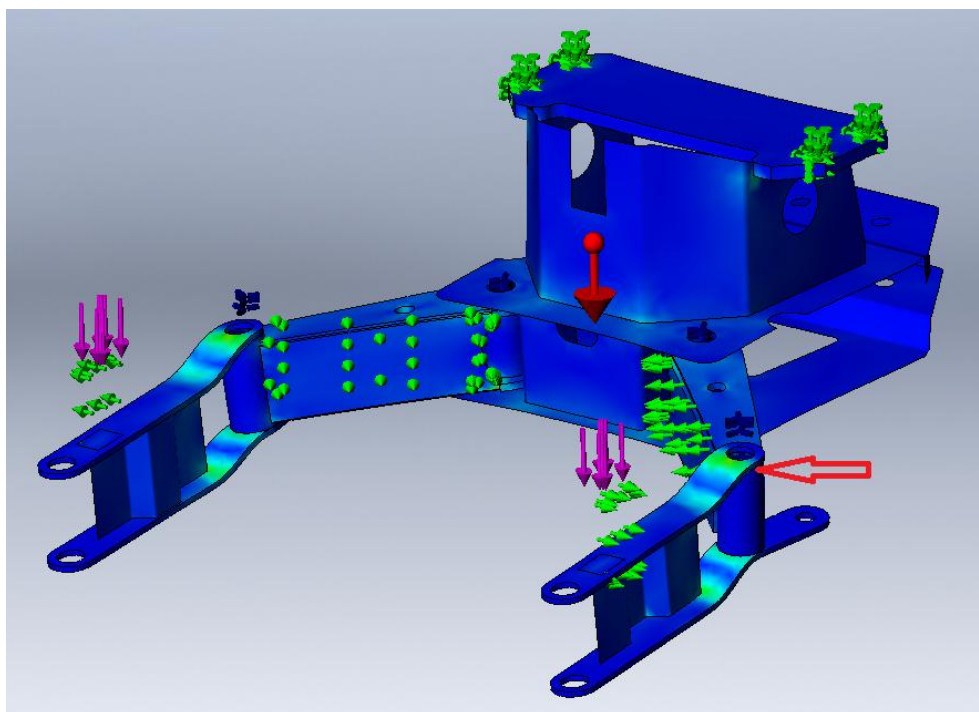
Kärlllyften antas hantera 1000 sopkärslor om dagen. En sopbils livslängd är enligt NTM sju år. Genom att multiplicera 1000 sopkärslor om dagen med 220 arbetsdagar per år i sju år, får man ut att 1 540 000 kärslor hanteras under en livslängd.

Det vanligaste sopkärslan (MGB 240, 100 kg) antas hanteras 650 000 gånger under en livslängd. Det nästvanligaste MGB 360, 200 kg hanteras 800 000 gånger, och maxlast antas uppnås 90 000 gånger under en livslängd.

5.3.2 Spänningar

Efter att belastningarna hade klargjorts inleddes arbetet med att uppsöka de utsatta områdena i konstruktionen. Spänningskoncentrationer söktes med hjälp av finita element simulering av modellen.

Hela kärlllyftsgripen belastades och simulerades i Solidworks för att finna spänningskoncentrationer.



Figur 6. Simulering av sopkärslgrip

Ur simuleringen fick jag ut att det kritiska området är där pilen i figur 6 visar, i den så kallade underarmen.

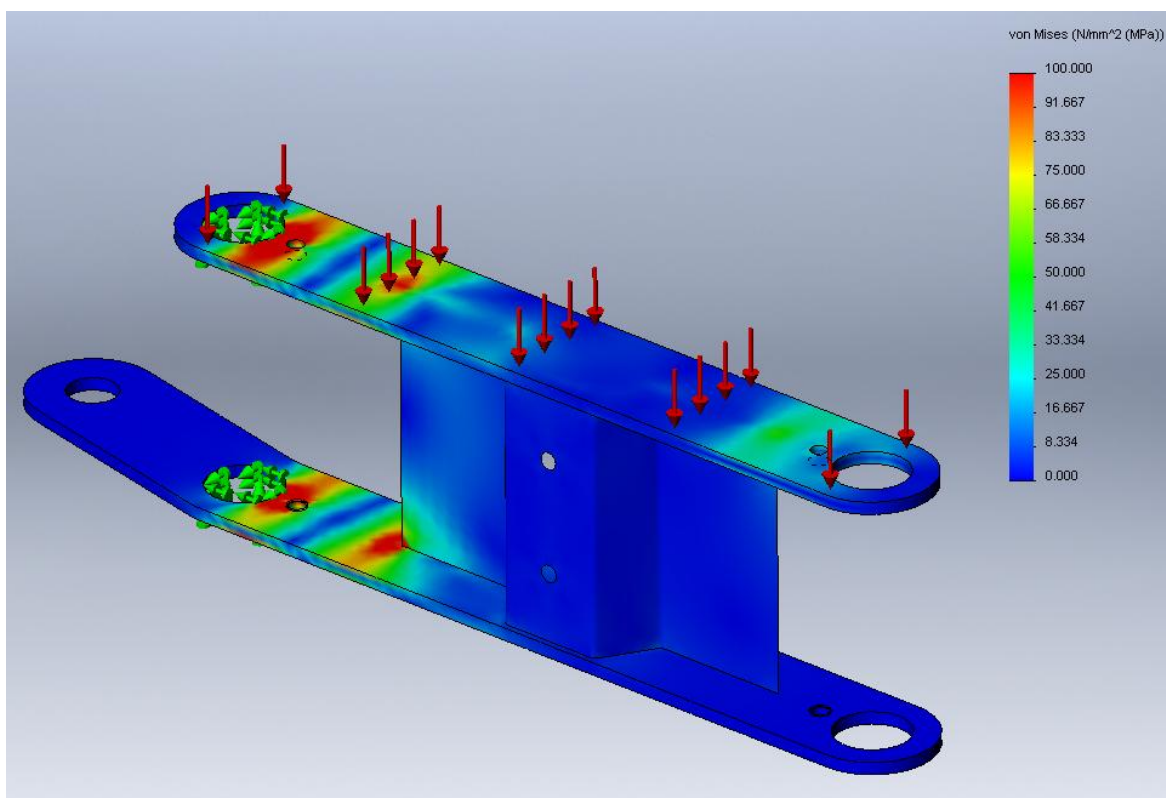
När det kritiska området var lokaliserat började jag fokusera på själva underarmen för att utföra utmattningsberäkning på den.

5.3.3 Spänningar i utsatt komponent

Den utsatta underarmen simulerades för de olika lastfallen, för att få ut hur stora spänningar som fås i komponenten under belastning.

Flatjärnen där spänningarna är som störst är tillverkade av 5 mm S355 plasmaskuren stålplåt.

Komponenten simulerades och belastades enligt de uppgjorda lastfallen.



Figur 7. Simulerad komponent

Komponenten fixerades i hålen och belastades uppifrån.

Ur simuleringen erhöjls följande resultat:


Tabell 1. Simulering av underarm, 5 mm

Lastfall	Kraft [N]	Spänning [N/mm ²]
100 kg	490,5	28
200 kg	981	45
400 kg	1962	100

Dessa värden kan sedan användas i formeln för att räkna ut ekvivalentspänningen.

5.3.4 Beräkning av ekvivalentspänning

Eftersom den utsatta delen i konstruktionen är gjord av plasmaskuren stålplåt, fås ur standarden att det är fråga om utmattningsfall 26 (*Väsytystapaus nro 26: Hitsaamaton levy, jossa on koneellisesti polttoleikatut reunat*). Ur samma tabell fås att det är fråga om utmattningsklass 112 (*Väsytyluokka 112*), samt att $\gamma_m = 1,6$ och $\Delta f_d = 52 \text{ N/mm}^2$.

Nro	Väsytystapaus	Selostus	Väsytysluokka	γ_m	Δf_d N/mm ²	
26		Hitsaamaton levy, jossa on koneellisesti polttoleikatut reunat. Terävät särmät poistettu. Ei karkenemis-halkeamia	I ¹⁾	125	1,6	59
				1,4	66	
				1,25	74	
				1,12	82	
				1,0	92	
			II ¹⁾	112	1,6	52
				1,4	59	
				1,25	66	
				1,12	74	
				1,0	82	

Figur 8. Utmattningsfall

Värdena ur tabellen fördes in i formeln för ekvivalent spänning. Formeln kräver antalet lastcykler n , spänningsvidd $\Delta\sigma$ samt Δf_d -värdet.

Spänningsvidden är, eftersom lasttypen är full reverserad, två gånger den statiska spänning som uppstår. Nedan följer en tabell för de värden som sattes in i formeln.

Tabell 2. Lastfall för underarm, 5 mm

Spänning σ [N/mm ²]	Spänningsvidd $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	Lastcykler, n
28	56	650 000
45	90	800 000
100	200	90 000

Tillhörande formeln för ekvivalent spänning finns givet att om spänningsvidden $\Delta\sigma$ är mindre än Δf_d -talet behöver det lastfallet inte beaktas.

Formeln gav följande resultat:

$$\text{Ekvivalent spänning } \sigma_{ekv} = 140,8 \text{ N/mm}^2.$$

5.3.5 Avläsning av Wöhler-diagram

Genom att avläsa det värdet i Wöhler-diagrammet med avseende på σ_{ekv} fås en livslängd på komponenten om 10^6 cykler, vilket är för litet för komponenten i fråga. Diagrammet avläses så, att värdet för ekvivalent spänning σ_{ekv} avläses på y-axeln $\Delta\sigma$. Sedan följs värdet i x-riktning tills man träffar linjen för utmattningsklassen, i detta fall 112. Värdet för livslängd avläses på x-axeln (N , antalet cykler) där linjerna korsar varandra.

5.3.6 Optimering

Efter att en livslängd om 10^6 cykler konstaterats odugligt, optimerades modellen så att de utsatta delarna är av 6 mm stålplåt av S355 kvalitet.

Beräkningarna utfördes på nytt på den förstärkta modellen för att få följande resultat:

Tabell 3. Simulering av underarm, 6 mm

Lastfall	Kraft [N]	Spänning [N/mm ²]
100 kg	490,5	20
200 kg	981	35
400 kg	1962	70

Tabell 4. Lastfall för underarm, 6 mm

Spänning σ [N/mm ²]	Spänningsvidd $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	Lastcykler, n
20	40	650 000
35	70	800 000
70	140	90 000

Eftersom spänningsvidden för lastfall 100 kg föll under $\Delta f_d = 52 \text{ N/mm}^2$ kunde detta lastfall uteslutas ur formeln.

Formeln gav följande resultat för den förstärka modellen:

$$\text{Ekvivalent spänning } \sigma_{ekv} = 82,5 \text{ N/mm}^2.$$

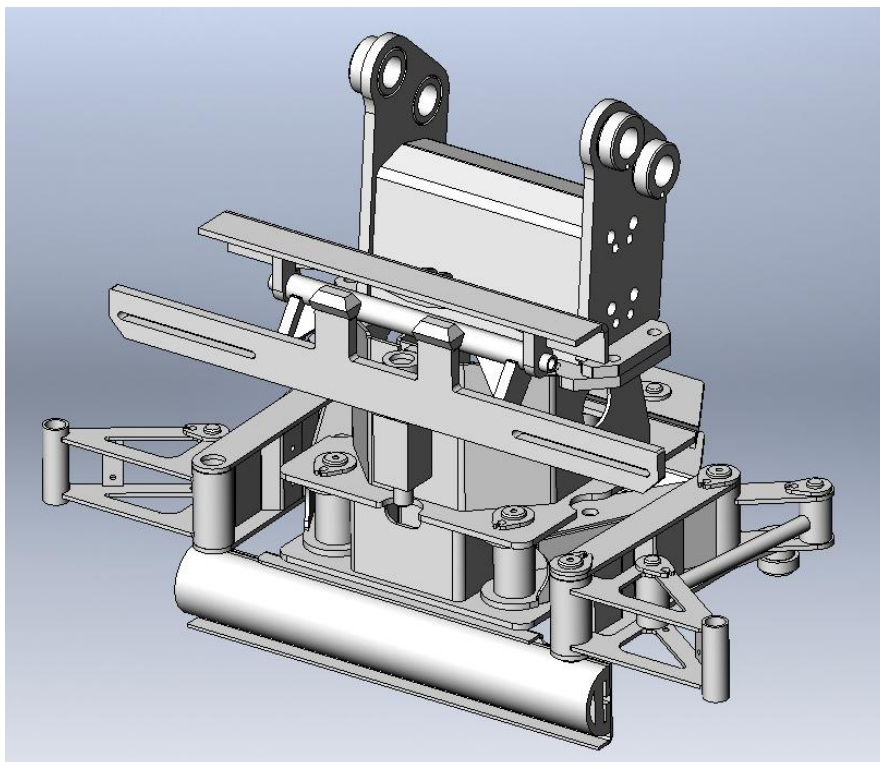
Vid avläsning av $82,5 \text{ N/mm}^2$ i Wöhler-diagrammet ser man att kurvan för utmattningsfall planar ut vid 82 N/mm^2 . Det innebär att komponenten antas få oändlig livslängd.

5.4 Övrig konstruktion

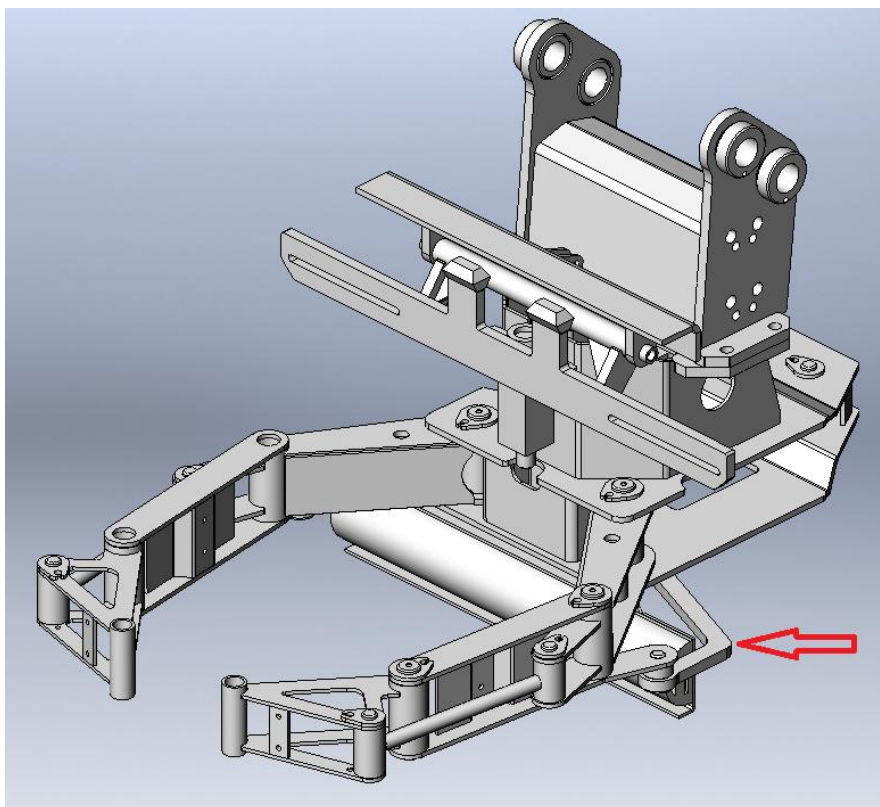
Den övriga konstruktion har formats främst genom försök och misstag, för att uppnå önskad funktion. En betydande del av konstruktionsarbetet har gått ut på att genom tvungna rörelser uppnå en viss arbetsrörelse för kärlgripen. En av de större utmaningarna var att få kärlgripen att ha god räckvid, samtidigt som den i transportläge måste återgå till ett kompakt läge för att undvika komplikationer med kringliggande utrustning.

5.4.1 Parallellstag med kuggdrift

En svår nöt att knäcka var att få kärlgripens båda armar att utföra en symmetrisk rörelse för att greppa sopkärl på ett önskvärt sätt. Andra gripar för olika ändamål (t.ex. stockgripar) studerades för att få förståelse för upplägget med parallellstag. Traditionellt använder man inte parallellstag med kuggdrift på gripar. Detta medför dock att man får en rörelse som inte är symmetrisk utmed hela griprörelsen. Efter en tid med utprovning av olika lösningar, märktes att armarnas rörelse kunde fås symmetrisk genom att förbinda parallellstagen med kugghjul.



Figur 9. Sopkärlsgrip i transportläge

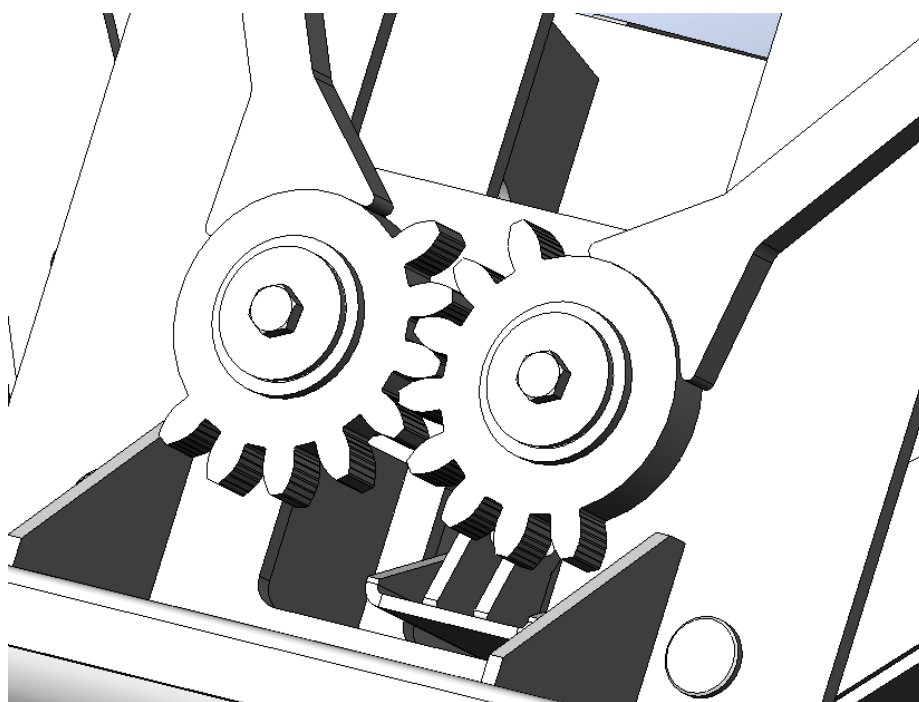


Figur 10. Sopkärlsgrip i utfällt läge

På bilderna syns den tänkta rörelsen av kärlgripen. I figur 10 syns det ena parallellstaget utmärkt med en pil. På kärlgripens undersida finns en enkel kuggtransmission som förbinder båda sidornas parallellstag för att få en symmetrisk rörelse.

Kugghjulen är av evolventtyp med överdimensionerad modul för att tillåta montering i en svetsad konstruktion, där toleranser för traditionella kuggtransmissioner inte kan uppnås. En annan ledande faktor till varför kugghjulen är utformade som de är, är för att de skall kunna tillverkas genom vattenskarvning av plåt.

Kugghjulen är tillverkade av 20 mm höghållfast stålplåt för att garantera funktion och lång livslängd. Kugghjulens placering på fordonet är den värsta tänkbara, bakom framhjulet. Detta har gett upphov till kugghjulens grova utformning, så att de skall klara av all smuts och förorening de kommer att utsättas för.



Figur 11. Kuggtransmission för parallellstag

För att säkerställa kugghjulens funktion, beställdes två vattenskurna kugghjul för att testas i en jigg.



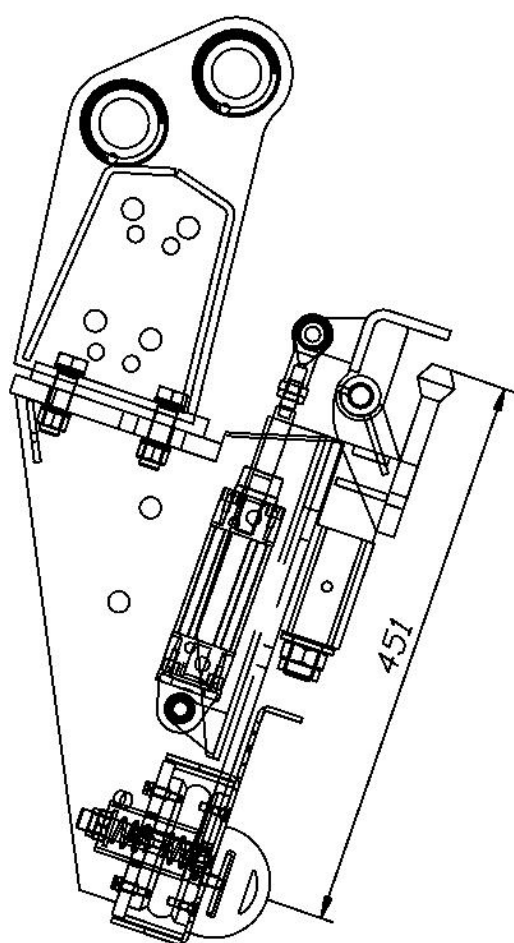
Figur 12. Detaljstudie av kugghjul i testjigg

Genom att testa kugghjulen i en jigg, fick man en god inblick i hur noggrant en vatten-skärmaskin kan tillverka komponenter. Det gjordes också ett försök att skära ut kugghjulen med en plasmaskärmaskin, men det medgav inte önskad kvalité på kugghjulen.

5.4.2 Anpassning

Kärlgripen planerades och ritades upp för att vara utbytbar med den befintliga kärllållaren. Vissa delar måste anpassas mot befintliga delar för att tillåta hopsättning av dessa och vissa måste anpassas för att behålla samma funktioner som den befintliga kärllållaren.

Kärllållarens kamenhet anpassades till kärlgripen, så att den ska kunna hantera kärl också med kamgrepp. När sopkärl lyfts med kam, krävs det en gummibuffert som förhindrar onödig brytning av kärlet. Denna gummibuffert måste anpassas så att den är på samma avstånd från kammens tänder som på den befintliga kärllållaren.



Figur 13. Kärnhållare, Sidlastare OM

6 Resultat och utvärdering

Resultatet presenteras som följande. Resultaten påvisar hur väl arbetet uppfyllde de på förhand uppdragna kraven.

6.1 Funktion och anpassning

Utifrån de modeller som finns i Solidworks kan man dra slutsatsen att kärlgripen har den funktion och arbetssätt som eftersökts. Den klarar av att hantera de typer av sopkärl som krävs av en kärlgrip.

Anpassningen till den befintliga kärllållaren uppfylls också och har utprovats i 3D-modelleringsprogram. Också de krav som ställts på måttriktighet jämfört med den befintliga kärllållaren har uppfyllts.

6.2 Konstruktion

Konstruktionen har dimensionerats enligt de krav som kan ställas på en kärlgrip. Statiska belastningar har simulerats med finita elementmetoden och har således optimerat konstruktionen. Utmattningsberäkningarna har gjorts i enighet med SFS 2378 och säkerställer konstruktionens tålighet mot utmattning.

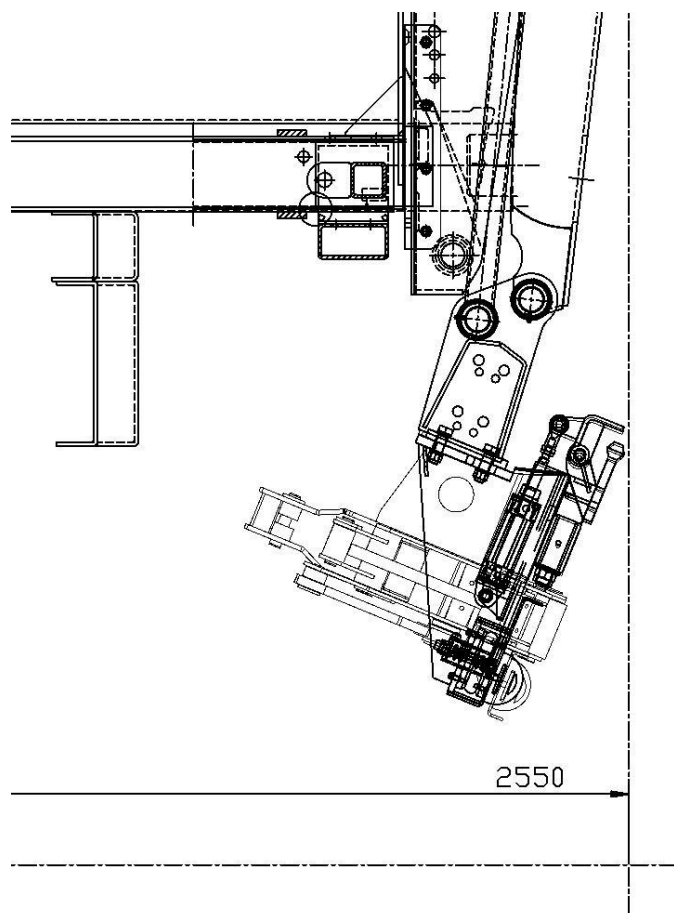
6.3 Utvärdering

Som utvärdering av detta ingenjörsarbete kan man konstatera att kärlgripen som konstruerats uppfyller de krav som ställdes innan arbetet inleddes.

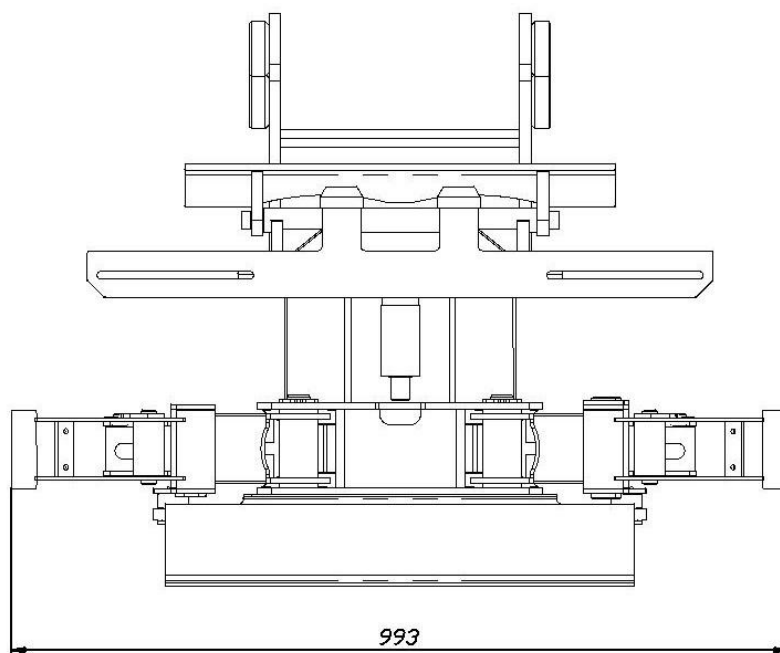
Vikten på den nykonstruerade kärlgripen har uppmätts till betydligt lägre än äldre varianten. Beträffande tillverkningsvänligheten har det påvisats att kärlgripen kan tillverkas under NTM:s logi.

Räckvidden på kärlgripen har påvisats vara tillräcklig för att greppa sopkärl med 360 liters volym, som också det var ett krav.

De yttre måtten på kärlgripen är också sådana att de uppfyller de krav som ställdes. I transportläge underskrider kärlgripen måttet 1000 mm i längsled, likaså ryms den inom fordons totalbredd. I figur 14 påvisas att kärlgripen i transportläge befinner sig innanför fordons totalbredd (2550 mm). I figur 15 påvisas att kärlgripen i längsled inte överskrider 1000 mm.



Figur 14. Skiss, kärlgrip och totalbredd



Figur 15. Mått i längsled

7 Diskussion

7.1 Förslag på förbättringar och fortsatt forskning

Förslag på förbättring inom detta område kunde vara att tillföra konstruktionen en mera iögonfallande design, eftersom kärlgripen har utformats i huvudsak enligt funktion och hållbarhet.

Ett annat förslag kunde vara att reda ut huruvida alternativa material kunde användas i konstruktionen. Konstruktionen har planerats uteslutande med delar tillverkade av stålplåt och bearbetade delar. Användning av gjutna delar eller aluminiumkomponenter kunde också tillämpas.

Fortsatt forskning skulle kunna bidra med förbättrad optimering av modellen för att få en lättare och mera produktionsekonomisk design.

7.2 Avslutning

Examensarbete *Konstruktion av kärlgrip* har gett många goda lärdomar och erfarenheter i hur man kan gå tillväga när man ska utveckla en ny produkt. Skrivandet av teoridelen gav lärdom i hur man kan och bör basera sina beslut på teorier och metoder som finns tillgängliga.

Användandet av program som Solidworks har gett kunskap i hur man kan utarbeta lösningar av idéer och förverkliga dessa. Beräkningsdelen i detta ingenjörsarbete har bidragit med den kanske värdefullaste kunskapen, om hur man använder finita elementmetoden och utmattningsberäkningar för att skapa en optimerad produkt för tillverkning.

8 Källförteckning

DraftSight (n.d.)

<http://en.wikipedia.org/wiki/DraftSight> (hämtat 22.3.2012)

Finlands standardiseringsförbund (1985), *SFS 2378 - Svetsning. Dimensionering och hållfasthetsberäkning av svetsförband i utmattningsbelastade stålkonstruktioner*.

How to write a good case study (n.d.)

<http://www.gttp.org/docs/HowToWriteAGoodCase.pdf> (hämtat 23.2.2012)

Lassfolk, L. *De första 50 åren*, NTM:s förlag, Närpes 2000, ISBN 952-92-2483-X

NTM – Om företaget

<http://www.ntm.fi/document.aspx?docID=64&tocid=2> (hämtat 21.2.2012)

SIS/TK 252 (2008), *SS-EN 840 1-4; Mobile waste containers - Part 1: Containers with wheels for comb lifting devices - Dimensions and design (Foreign Standard)*.

Solidworks (n.d.)

<http://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks> (hämtat 14.02.2012)

Sveriges Verkstadsindustrier (1999), *FEM i praktiken. En introduktion till finita elementmetodens pratiska tillämpning*. Utgåva 2, Stockholm, ISBN 91-7548-541-9

Sveriges Verkstadsindustrier (2002), *Svetsutvärdering med FEM. Handbok för utmattningsbelastade konstruktioner*. Nya Almqvist & Wiksell Tryckeri AB, ISBN 91-7548-636-9